



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-429-0
DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.2901925061	
CAPÍTULO 2	14
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
DOI 10.22533/at.ed.2901925062	
CAPÍTULO 3	31
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
DOI 10.22533/at.ed.2901925063	
CAPÍTULO 4	41
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
DOI 10.22533/at.ed.2901925064	
CAPÍTULO 5	47
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925065	
CAPÍTULO 6	60
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
DOI 10.22533/at.ed.2901925066	

CAPÍTULO 7	73
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925067	
CAPÍTULO 8	77
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
DOI 10.22533/at.ed.2901925068	
CAPÍTULO 9	85
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
DOI 10.22533/at.ed.2901925069	
CAPÍTULO 10	95
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
DOI 10.22533/at.ed.29019250610	
CAPÍTULO 11	104
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
DOI 10.22533/at.ed.29019250611	
CAPÍTULO 12	117
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250612	
CAPÍTULO 13	126
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
DOI 10.22533/at.ed.29019250613	

CAPÍTULO 14	138
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.29019250614	
CAPÍTULO 15	146
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250615	
CAPÍTULO 16	150
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
DOI 10.22533/at.ed.29019250616	
CAPÍTULO 17	166
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.29019250617	
CAPÍTULO 18	183
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
DOI 10.22533/at.ed.29019250618	
CAPÍTULO 19	195
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.29019250619	

CAPÍTULO 20	211
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.29019250620	
CAPÍTULO 21	222
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
DOI 10.22533/at.ed.29019250621	
CAPÍTULO 22	238
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
DOI 10.22533/at.ed.29019250622	
CAPÍTULO 23	252
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250623	
CAPÍTULO 24	258
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250624	
CAPÍTULO 25	270
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250625	
CAPÍTULO 26	273
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250626	

CAPÍTULO 27	279
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250627	
CAPÍTULO 28	289
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250628	
CAPÍTULO 29	296
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250629	
CAPÍTULO 30	307
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldenir Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250630	
CAPÍTULO 31	323
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250631	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	341

BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS

Daniela Cristiano Rufino

Centro Universitario do Sul de Minas- Unis MG
(Curso de Engenharia Mecânica)
Varginha - MG

RESUMO: Este artigo tem a finalidade de analisar a implantação de um sistema de captação do biogás em aterros sanitários para geração de energia, como uma das alternativas para a diminuição dos impactos gerados pelos resíduos sólidos urbanos que são descartados de maneira inadequada. Também será estudado a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS. Um equipamento que é considerado inovador, pois quando esse produto foi importado para o Brasil ele usava como combustível o GLP e não teve uma boa performance com o percolado (chorume) brasileiro, mas após passar por otimizações o equipamento foi projetado dentro dos parâmetros do chorume brasileiro e o evaporador funciona através da queima direta do biogás. Esse tema aborda diretamente a necessidade de diminuição dos problemas gerados pelo o descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos. Assim a busca por novas alternativas que minimizem os efeitos causados pelos resíduos sólidos no solo, nas águas e na atmosfera como o aumento dos gases de efeito estufa na atmosfera terrestre, essa

captação do biogás nos aterros sanitários, irá reduzir significativamente a emissão dos gases de efeito estufa como o metano na atmosfera. A pesquisa tem como intuito analisar e avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento energético do biogás e estudar a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS em aterros, através de uma pesquisa bibliográfica.

PALAVRAS-CHAVE: Biogás. Aproveitamento energético. Resíduos sólidos. Evaporador.

ABSTRACT: This article has the purpose of analyzing the implantation of a biogas collection system in landfills for power generation, as one of the alternatives for the reduction of the impacts generated by the urban solid waste that are discarded in an inadequate way. Also, will be studied the feasibility of using the Percolation Evaporator EVC-1,900 from the company BTS. An equipment that is considered innovative, because when this product was imported to Brazil it used as LPG fuel and did not perform well with Brazilian leachate, but after going through optimizations the equipment was designed within the parameters of the leachate and the evaporator works through the direct burning of the biogas. This theme directly addresses the need to reduce the problems generated by the inadequate disposal of urban solid waste. So the search for new alternatives

that minimize the effects caused by solid waste in the soil, water and atmosphere as the increase of greenhouse gases in the Earth's atmosphere, this capture of biogas in landfills will significantly reduce the emission of greenhouse gases. greenhouse gases such as methane in the atmosphere. The aim of the research is to analyze and evaluate the viability of implementing a biogas recovery system and to study the feasibility of using the BTS company EVC-1.900 Percolation Evaporator in landfills, through a bibliographical research.

KEYWORDS: Biogas. Energetic use. Solid waste. Evaporator.

1 | INTRODUÇÃO

Com o aumento do descarte irregular dos resíduos sólidos urbanos ao longo dos últimos anos tem provocado o aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. O aterro sanitário é um dos recursos para o tratamento desses resíduos, pois eles dispõem de técnicas mais seguras para a saúde da população do que os lixões a céu aberto. Os aterros possuem o solo impermeabilizado para que não haja a contaminação do solo e também acontece a monitoria das emissões de gases, são utilizados procedimentos para armazenar os dejetos na menor área possível para se obter um menor volume, sendo assim cobertos frequentemente com camadas de terra. O biogás nos aterros é gerado através da decomposição anaeróbia da matéria orgânica e para se realizar a captação desse gás, é necessário que se siga etapas e medidas de retirada do produto. Enquanto que o chorume é captado e transportado para ser tratado no evaporador de chorume, o biogás é extraído e queimado e utilizado para fins energéticos.

Com a substituição dos lixões por aterros sanitários haverá diminuição na degradação dos lençóis freáticos, entretanto será capaz de aumentar a emissão de gás metano na atmosfera. Assim é necessário a captação desse gás que por sua vez tem um potencial térmico que pode ser aproveitado como energia elétrica, energia térmica, uso veicular e iluminação a gás. Conseqüentemente a implantação da técnica de aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários, possibilita a redução de gases de efeito estufa na atmosfera. O estudo a seguir trata-se de uma pesquisa bibliográfica, onde será apresentado a viabilidade de um sistema de aproveitamento energético do biogás como alternativa para a diminuição dos GEE, e será estudado a viabilidade da utilização do Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS em aterros sanitários, um equipamento que é considerado inovador, pois ele utiliza o próprio biogás do aterro como combustível.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O biogás se mostra competitivo quando comparado com os combustíveis fósseis utilizados na indústria e no setor de transporte. Apesar dos mecanismos de incentivo

existentes ao aproveitamento energético do biogás e os incentivos às fontes alternativas renováveis de energia no Brasil, há diversas barreiras institucionais, econômicas e tecnológicas para o aproveitamento desta fonte no Brasil (MONTEIRO, 2001).

2.1 Resíduos Sólidos

A partir da classificação dos resíduos que se pode determinar a destinação adequada para cada tipo de resíduo. Existe também normas específicas sobre reciclagem, incineração e outras formas de tratamento desses resíduos (GOUVEIA, 2012).

2.2 Classificação dos Resíduos Sólidos

De acordo com a classificação que foi definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatizou e categorizou todos os tipos de resíduos manipuláveis perigosos e não perigosos, exemplificando como esses resíduos podem e/ou devem ser armazenados ou descartados segundo a norma da ABNT, NBR 10.004:2004 da seguinte forma:

Classe I – (Perigosos): São resíduos com propriedades físico-químicas e infectocontagiosas podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente. Esses resíduos podem ser condicionados, armazenados temporariamente, incinerados, tratados ou dispostos em aterros sanitários próprios para receber resíduos perigosos. Exemplos: Borra de tinta, latas de tinta, óleos minerais e lubrificantes.

Classe II – (Não perigosos): Dividem-se em A e B, são aqueles que não se enquadram na Classe I.

Classe II A – (Não inertes): São resíduos que não possuem os aspectos de periculosidade, podendo apresentar características como a combustibilidade, a biodegradabilidade e a solubilidade em água. Exemplos: Materiais orgânicos da indústria alimentícia, lamas de sistemas de tratamento de águas, fibras de vidro.

Classe II B –(Inertes): São aqueles que, uma vez submetidos a testes de solubilização, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados. Exemplo: entulhos, sucata de ferro e aço.

2.3 Destinação dos Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos apresentam uma grande diversidade e complexidade, sendo que suas características físicas, químicas e biológicas variam de acordo com a fonte ou atividade geradora (GONÇALVES, 2004).

2.4 Lixão

É a área de disposição final de resíduos sólidos urbanos sem nenhuma preparação do solo, não tem nenhum sistema de tratamento do chorume, assim contaminando o lençol freático. Urubus, moscas e ratos disputam o lixo com crianças, adolescentes e

adultos que recolhem comida e materiais recicláveis para vender, uma cena insalubre para a saúde humana. O lixo fica exposto sem nenhum procedimento que evite as consequências ambientais e sociais negativas (GONÇALVES, 2004; SILVA, 2011).

2.5 Aterros Controlados

Os aterros controlados são similares aos aterros sanitários, pois neles também ocorre a cobertura dos resíduos sólidos com uma camada inerte, mas nos aterros controlados não há impermeabilização da base do solo nem tratamento dos gases ou chorume (NOVI, 2013). Esta técnica reduz os impactos gerados pelos resíduos, mas não resolve os problemas gerados pelo chorume e pelo gás metano (GOUVEIA, 2012).

2.6 Aterros Sanitários

Aterro sanitário é uma espécie de depósito no qual são descartados resíduos sólidos provenientes de residências, indústrias, hospitais e construções. Grande parte deste lixo é formada por materiais não recicláveis (BIDONE, 2001). Nos aterros as técnicas de disposição dos resíduos no solo são fundamentadas sobre fatores de engenharia e normas específicas, para evitar riscos à saúde pública e danos ambientais. (MAZZER, CAVALCANTI, 2004)

3 | BALANÇO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Os índices de disposição final de RSU apresentaram retrocesso no encaminhamento ambientalmente adequado dos RSU coletados, passando a 58,4% do montante anual disposto em aterros sanitários. As unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 81 mil toneladas de resíduos por dia, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos na saúde (ABRELPE, 2016). O panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016 mostra que 3.326 municípios brasileiros destinam seus resíduos sólidos para locais impróprios. Isso equivale a 59,7% dos municípios (ABRELPE, 2016).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a produção de energia elétrica a partir do biogás cresceu 14% em 2017 comparado ao ano de 2016. Esse crescimento se deve ao volume distribuído de 35 usinas que aproveitam os rejeitos urbanos, da pecuária e da agroindústria para transformar em eletricidade. Isso corresponde à capacidade de abastecer uma cidade com 470 mil pessoas apenas com o biogás, conforme cálculos realizados pela Associação Brasileira de Biogás e Biometano (ABIOGÁS). Entretanto, isso ainda equivale a 0,0817% da matriz energética do Brasil, sendo que são deixados de gerar 115 mil GWh com o não aproveitamento do biogás, ou seja, isso poderia abastecer 25% da energia consumida em 2016.

O Plano Decenal de Expansão em 2026 (PDE) contemplou pela primeira vez o biogás no plano de expansão energética e a previsão é de que até 2025 o Brasil produza diariamente 10,7 milhões de m³/dia.

4 | BIOGÁS

A decomposição da matéria orgânica é um processo natural que ocorre em duas formas. A primeira é a decomposição aeróbia que acontece na presença de oxigênio esse processo é o princípio básico da compostagem, e a segunda fase é a de decomposição anaeróbia que acontece na ausência de oxigênio, onde os responsáveis por essa fase é uma série de microrganismos (bactérias) que quebram as moléculas da matéria orgânica transformando essa quase que totalmente em gases como o gás metano que tem um percentual de energia térmica (BRITO FILHO, 2005).

Biogás é um gás inflamável produzido a partir da mistura de dióxido de carbono e metano, formado a partir da degradação da matéria orgânica. A fermentação acontece em determinados patamares de temperatura, umidade e acidez. O biogás é composto por uma mistura de gases, o metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂), hidrogênio (H₂), gás sulfídrico (H₂S), nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂) (SALOMON, 2007).

4.1 Sistema de operação, extração e tratamento do biogás do aterro

O tratamento do biogás extraído ocorre pela passagem dele por um filtro, para a remoção de material particulado que foi arrastado com o gás (ALMEIDA, 2016). Depois o biogás é encaminhado a um tanque separador de líquidos, denominado desumidificador que têm a finalidade de separar eventuais gotículas de líquidos contidos no biogás (REZENDE, 2016). Essa fase líquida deverá ser drenada por gravidade para um tanque de coleta de condensado e depois ser bombeado para o sistema de coleta de chorume para ser tratado (BORGES, 2008). O biogás, já isento de partículas sólidas e de gotículas líquidas, passa então pelo soprador e é encaminhado para a queima controlada no flare e/ou para outros sistemas de aproveitamento energético. A vazão de biogás é controlada por uma válvula borboleta e indiretamente por um inversor de frequência acoplado ao motor do soprador, o qual é acionado por um transmissor de pressão, instalado na linha de sucção. O soprador tem a finalidade de succionar o biogás do interior do aterro (DOS SANTOS, 2011; VICENTE, 2011; MARTINS, 2012). Os resíduos que sobram da queima do biogás, é uma substância com aspecto de lodo que contém água, sais minerais e microrganismos, que pode ser utilizada como fertilizantes (ALMEIDA, 2016).

5 | EVAPORADOR DE CHORUME

O chorume (percolado) é um líquido escuro e tóxico gerado da decomposição dos resíduos e do acúmulo de água da chuva que se infiltra no solo e nos resíduos,

compõe-se de substâncias recalcitrantes, amônia, cloretos e compostos orgânicos e inorgânicos (LESSA, 2017). Para resolver o problema gerado pelo chorume nos aterros, a empresa SOLVÌ importou um evaporador de chorume para instalar no Aterro de Salvador, mas o equipamento usava como combustível o GLP e não teve um bom desempenho com o chorume brasileiro por ele ter muito detergente. Após isso, a empresa BTS em parceria com a SOLVÌ otimizou o equipamento e o montou sobre uma carreta especial, ele foi testado e obteve máxima evaporação com a máxima eficiência térmica e foi implantado no Aterro de São Leopoldo, Rio Grande do Sul (PILEGGI, 2011; LESSA, 2017).

O Evaporador de Percolado EVC-1.900, foi planejado e fabricado dentro dos aspectos operacionais do Brasil utilizando como combustível o próprio biogás produzido no aterro, o evaporador possibilita a queima do metano e a otimização da capacidade das lagoas de tratamento do chorume. Montado sobre uma carreta especial, o evaporador bombeia para o interior do tanque o chorume acumulado nas lagoas de tratamento do aterro e o líquido é aquecido e evaporado, a uma razão de até 1 m³/h (PILEGGI, 2011).

5.1 Processos do Sistema de Evaporação de Chorume

O Evaporador de Chorume foi elaborado com o objetivo de utilizar o biogás gerado no próprio aterro como combustível. Consequentemente a eficiência da evaporação irá depender do poder calorífico do biogás, assim tendo o máximo fluxo do biogás terá o evaporador com máxima eficiência térmica (BALESTIERI, 2018). O processo de evaporação do chorume é uma das técnicas utilizada para controlar a poluição causada pelo chorume, esse processo pode reduzir até 70% do volume do chorume (BOCCHIGLIERI, 2010).

Basicamente o processo se resume no chorume ser aquecido em altas temperaturas utilizando como combustível o biogás, a fração líquida é evaporada e a sólida retorna para o aterro. O vapor quente é transportado para um sistema de purificação para que possa ser lançado na atmosfera ou ser usado para geração de energia térmica (DOS SANTOS, 2011).

5.2 Benefícios Ambientais e Econômicos do Evaporador de Percolado

Um dos benefícios do evaporado é a diminuição da emissão de GEE, já que o equipamento permite a queima do biogás, reduzindo assim o metano (CH₄) nele presente outro benefício do evaporador é que ele não necessita de grandes áreas para implantação de tanques de percolado, assim pode se evitar a contaminação do solo e do lençol freático (PILEGGI, 2011). Mesmo com as vantagens ambientais, a utilização do evaporador de percolado não pode ser utilizada em todos os aterros, este equipamento é adequado para aterros de pequeno e médio porte, para aterros de grande porte é necessário a adoção de outras técnicas (DOS SANTOS, 2011).

6 | ALTERNATIVAS PARA USO DO BIOGÁS

Em algumas aplicações, o biogás deve ser tratado e aperfeiçoado, para se adequar a alguns equipamentos. As aplicações mais comuns para o biogás são o aquecimento e a geração de eletricidade também pode ser aplicado como combustível veicular e na iluminação a gás (CANEVER, 2017; ZANETTE, 2009). Para geração de energia mecânica o biogás é usado em motores de combustão interna substituindo os combustíveis convencionais. O biogás também é um combustível adequado para a geração de energia elétrica ou cogeração. Diversas tecnologias estão disponíveis, sendo as principais aplicações em geradores com combustão interna e as turbinas a gás (OBANDO DIAZ, 2006).

6.1 Geração de energia elétrica

Na geração de energia do biogás, ocorre a conversão da energia química do gás em energia mecânica por meio de um processo controlado de combustão. Essa energia mecânica ativa um gerador que produz energia elétrica, assim podendo ser aplicado em motores ciclo otto e em microturbinas (MARQUES, 2012).

6.2 Geração de energia térmica

O processo de tratamento anaeróbico produz biogás, um combustível gasoso que pode ser convertido em energia limpa e renovável. O biogás pode ser usado para gerar calor assim pode ser utilizado na geração de vapor nas caldeiras, economizando com isso óleo combustível (TORRES, 2017).

6.3 Combustíveis para uso Veicular

Ainda que o biogás possa ser utilizado em qualquer aplicação destinada ao gás natural, para seu uso veicular necessita de adaptação e remoção de alguns de seus componentes, tais como: umidade, ácido sulfídrico (H_2S), dióxido de carbono (CO_2) e partículas (CENBIO, 2016).

6.4 Iluminação a gás

O biogás também pode ser usado para iluminar e aquecer áreas urbanas e rurais, é relevante destacar que os postes de iluminação não podem ser instalados perto de dutos de biogás em um aterro, pois se acontecer algum vazamento o biogás é altamente inflamável (ICLEI, 2009).

7 | CUSTOS

Para os aspectos econômicos do projeto, foram considerados os custos de capital para o desenvolvimento do projeto de aproveitamento do biogás em aterros. Também

foi estimado os custos anuais para a operação, manutenção e as taxas de registro e monitoramento (SILVA, 2015).

7.1 Custos para Instalação do Sistema de Captação do Biogás

Para a instalação do sistema de captação do biogás em aterros sanitários os custos são estimados em R\$ 19.804.860,00. Esses custos estão ligados a todos os equipamentos necessários para a implantação do sistema de coleta e queima do biogás (VANZIN, *et al.* 2006).

Itens	Custo Total Estimado (R\$)
Mobilização e Gestão do Projeto	202.576,00
Tubulação principal de coleta de gás	9.116.933,00
Tubulação lateral	701.723,00
Passarelas	191.637,00
Gestão do Condensado	110.606,00
Poços de Drenagem Vertical	1.308.641,00
Coletores Horizontais	239.868,00
Equipamentos de Ventilação e Queima	5.672.128,00
Engenharia, Contingência e Custos Iniciais de Transação do MDL.	2.260.748,00
Custo Total Estimado	R\$ 19.804.860,00

Tabela 1. Custo para Instalação do Sistema de Captação do Biogás.

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

7.2 Custos para Operação e Manutenção do Sistema de Captação do Biogás

Esses custos incluem valores relativos à operação e a manutenção do sistema de coleta do biogás, nele inclui trabalhos como verificações, manutenção de rotina, peças, e substituição de poços (MELLO, 2016).

Itens	
Mão de Obra	
Monitoramento dos custos de equipamentos	
Peças e componentes	
Poços de drenagem adicionais, coletor horizontal, reparação e substituição.	
Engenharia	
Custo Total Estimado (R\$)	R\$ 1.189.470,00

Tabela 2. Custos para Operação e Manutenção do Sistema de Captação do Biogás

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

7.3 Custos de Registro e Monitoramento para o Sistema de Captação do Biogás

Alguns Custos anuais adicionais são os custos associados com o ciclo do projeto do MDL, incluindo taxas de registro e monitoramento (SILVA, 2015).

Itens	
Custos administrativos anuais com taxas de registro e monitoramento	
Custo Total Estimado (R\$)	R\$ 161.284,00

Tabela 3 . Custos para Registro e Monitoramento para o Sistema de Captação do Biogás.

Fonte: Adaptado de (SCS ENGINEERS, 2005).

8 | CONCLUSÃO

Este trabalho possui o intuito de analisar a viabilidade do aproveitamento do biogás em aterros sanitários, como uma das alternativas mais viáveis para se resolver os problemas causados pela disposição irregular dos resíduos sólidos e gases provenientes da decomposição do mesmo, bem como os problemas de contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Dessa forma confirma-se a viabilidade ambiental, técnica e econômica, os investimentos iniciais para implantação possuem um alto custo, no entanto, possuem um bom retorno financeiro. Mas para que se desenvolva o projeto de aproveitamento do biogás é necessário um maior investimento nos aterros sanitários do Brasil.

Tendo como base os evaporadores convencionais fabricados no exterior, é possível concluir que o Evaporador de Percolado EVC-1.900 da empresa BTS seja equipamento inovador, mas como ele só pode ser implantado em aterros de pequeno porte, acaba se tornando um investimento inviável.

A utilização do biogás pode trazer benefícios para o governo e para a população, pois esse aproveitamento energético do biogás pode gerar impactos econômicos e ambientais positivos, e assim diminuir a sobrecarga das concessionárias de energia elétrica. Mas é necessário que o governo apoie e estimule a adoção de técnicas que aumentem a geração e a coleta do biogás. O Brasil defasado na criação de novas tecnologias no setor de reciclagem, por esse motivo é necessário um maior investimento em pesquisas e tecnologias para se expandir o setor.

REFERÊNCIAS

ABIOGAS – Associação Brasileira de Biogás e Biometano.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos. Classificação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais.

ALMEIDA, Lêdo Ivo José de. **Potencial de produção de biogás e energia elétrica a partir da remoção da matéria orgânica oriundo de tratamento de esgotamento sanitário na ETE Norte.** 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica.

BALESTIERI, J. A. P. **Geração de energia sustentável.** 1. ed. São Paulo: UNESP, 2018.

BIDONE, Francisco Antônio. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização.** Brasília: FINEP/PROSAB, 2001.

BOCCHIGLIERI, Miriam Moreira. **O lixiviado dos aterros sanitários em estações de tratamento dos sistemas públicos de esgotos.** 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BORGES, Marisa Soares. **Tratamento de água e efluentes industriais.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

BRITO FILHO, Luiz Fernandes. **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos.** 2005. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BTS – Empresa Brasileira de Termodinâmica de Sistemas.

CANEVER, Víctor Bruno. **Estudo de filtragem de biogás para fins energéticos utilizando como método de filtragem lavador de gases de baixo custo.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa.

DOS SANTOS, Guilherme Garcia Dias. **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GONÇALVES, Raquel de Souza. **Catadores de materiais recicláveis: trajetórias de vida, trabalho e saúde,** 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social.** 1. ed. São Paulo: Ciência & saúde coletiva, 2012.

ICLEI, Conselho Internacional para Iniciativas Ambientais Locais. **Manual para Aproveitamento do Biogás: Volume Um, Aterros Sanitários.** 1. ed. São Paulo: Sustentabilidade de Governos Locais, 2009.

LESSA, Ana Carolina Vilar. **Caracterização do chorume do Centro de Gerenciamento de Resíduos de Sergipe.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Saneamento Ambiental) - Instituto Federal de Sergipe, Aracaju.

MARQUES, Cleber Aimoni. **Microgeneration of electricity on a farm using biogas as a primary source of electricity,** 2012. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

MARTINS, Luiz Fernando Guarenti et al. **Metodologia para despacho de fontes de GD a biogás em redes de distribuição utilizando lógica Fuzzy,** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A. **Introdução à gestão ambiental de resíduos**, 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Maringá.

MELLO, Andrielle Rimoldi. **Avaliação do potencial energético do biogás gerado em aterros sanitários que atendem diferentes faixas populacionais**, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos. In: **Gestão integrada de resíduos sólidos: manual gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. IBAM, 2001.

NOVI, Juliana Chiaretti. **Avaliação legal, ambiental e econômica da implantação de sistema próprio de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde para geração de energia em hospital-escola do Estado de São Paulo**, 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo.

OBANDO DIAZ, Giancarlo. **Análise de sistemas para o resfriamento de leite em fazendas leiteiras com o uso do biogás gerado em projetos MDL**, 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

PILEGGI, Flávia Gonzaga. **Inovação Tecnológica no Setor de Aterros Sanitários: O Caso do Evaporador de Percolado (chorume) com a Queima de Biogás**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sustentabilidade e Tecnologias de Baixo Carbono no Brasil, 2011.

REZENDE, Andrea das Graças Oliveira Brynner. **Avaliação do potencial energético e econômico do tratamento, destinação e reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU)**. 1. ed. Rio de Janeiro: Conexão Ciência (Online), 2016.

SALOMON, Karina Riberio. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente do biodigestor da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**, 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

SCS ENGINEERS - Stearns, Conrad & Schmidt, Consulting Engineers, Inc.

SILVA, Frederico Pinto da. **Possibilidade de autonomia e soberania energética através do biodigestor anaeróbica em assentamento da reforma agrária: estudo de caso no projeto de assentamento Pequeno Willian-DF**. 2015. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) - Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, José Irivaldo. **A dimensão ambiental como política pública e condicionante para o desenvolvimento**, 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOLVÌ - Empresa Brasileira Atuante nos Segmentos de Resíduos, Saneamento e Valorização Energética e Engenharia.

TORRES, Pedro Jessid Pacheco. **Avaliação Técnico-Econômica de Diferentes Tecnologias de Geração de Eletricidade Para o Aproveitamento Energético de Resíduos de Biomassa em Comunidades Isoladas**, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá,

VANZIN E.; PANDOLFO A.; LUBLO R.; STEFFENON B.; PANDOLFO L. M. **Uso do Biogás em Aterro Sanitário como Fonte de Energia Alternativa: Aplicação de Procedimento para Análise da Viabilidade Econômica no Aterro Sanitário Metropolitano Santa Tecla**, 2007. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Maringá.

VICENTE, A. C. P. M. et al. **Análise ambiental na indústria do biogás em belo horizonte, minas**

gerais, brasil: estudo de caso empresa ASJA (PARTE II). 2. ed. São Paulo: Revista Geográfica de América Central, 2011.

ZANETTE, André Luiz. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

